

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-045747

(43)Date of publication of application : 12.02.2004

(51)Int.Cl.

G02F 1/01

(21)Application number : 2002-202927 (71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

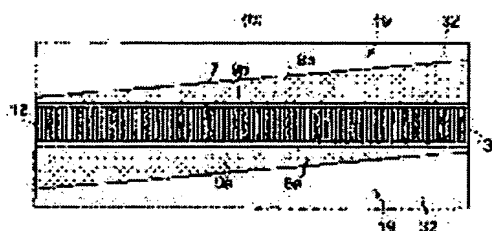
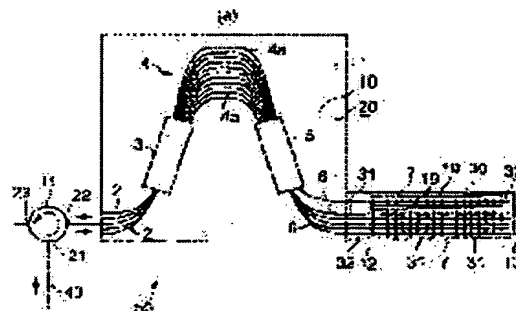
(22)Date of filing : 11.07.2002 (72)Inventor : KASHIWABARA KAZUHISA
NARA KAZUTAKA
KAWASHIMA HIROSHI

(54) OPTICAL MODULE, AND DISPERSION SLOPE COMPENSATOR USING MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive optical module and a dispersion slope compensator which suppress the increase of the number of component items even when the number of wavelengths to perform dispersion compensation is increased.

SOLUTION: The optical module is provided with an array waveguide diffraction grating 20 having: an optical input waveguide 2; a first slab waveguide 3; an array waveguide 4 composed of a plurality of channel waveguides 4a arranged side by side of length of set amounts different from each other; a second slab waveguide 5; and a plurality of optical output waveguides 6 arranged side by side. To at least one optical output waveguide 6 of the array



waveguide diffraction grating 20, a grating part 7 for reflecting the output wavelength light of the corresponding optical output waveguide 6 is connected. The grating part 7 is provided with a dispersion amount varying means 19 for varying the dispersion amount of the reflected light wavelength of the corresponding grating part 7 by supplying heat distribution changing in a longitudinal direction.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

At least one optical input waveguide and the 1st slab waveguide connected to the output side of this optical input waveguide, it connects with the output side of this 1st slab waveguide -- having -- mutual -- a setup -- **** -- with the array waveguide which consists of the channel waveguide by which two or more side-by-side installation of the die length was carried out It has the array waveguide diffraction grating which has the 2nd slab waveguide connected to the output side of this array waveguide, and the optical output waveguide by which was connected to the output side of this 2nd slab waveguide, and two or more side-by-side installation was carried out. The grating section which reflects the output wavelength light of corresponding optical output waveguide in at least one optical output waveguide of this array waveguide diffraction grating is connected. The optical module characterized by establishing the variance adjustable means which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section which gives the heat distribution which changes to a longitudinal direction to this grating section, and corresponds].

[Claim 2]

At least one optical input waveguide and the 1st slab waveguide connected to the output side of this optical input waveguide, it connects with the output side of this 1st slab waveguide -- having -- mutual -- a setup -- **** -- with the array waveguide which consists of the channel waveguide by which two or more side-by-side installation of the die length was carried out It has the array waveguide diffraction grating which has the 2nd slab waveguide connected to the output side of this array waveguide, and the optical output waveguide by which was connected to the output side of this 2nd slab waveguide, and two or more side-by-side installation was carried out. The grating section which reflects the output wavelength light of corresponding optical output waveguide in at least one optical output waveguide of this array waveguide diffraction grating is formed. The optical module characterized by establishing the variance adjustable means which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section which gives the heat distribution which changes to a longitudinal direction to each grating section, and corresponds].

[Claim 3]

A variance adjustable means is an optical module according to claim 1 or 2 characterized by having at least one side of the 1st heat distribution grant means which gives the heat distribution to which temperature becomes high as it goes to the grating section from the end side at an other end side, and the 2nd heat distribution grant means which gives the heat distribution to which temperature becomes low as it goes to said grating section from the end side at an other end side.

[Claim 4]

The 1st heat distribution grant means has the 1st heater formed along with the longitudinal direction of the grating section. This 1st heater is formed so that it may become large as the resistance goes to an other end side from the end side of said grating section. The 2nd heat distribution grant means has the 2nd heater formed along with the longitudinal direction of the grating section. This 2nd heater is an optical module according to claim 3 characterized by being formed so that it may become small as the resistance goes to an other end side from the end side of said grating section.

[Claim 5]

The 1st heater which the variance adjustable means has the 1st heat distribution grant means and the 2nd heat

distribution grant means, and forms said 1st heat distribution grant means, and the 2nd heater which forms said 2nd heat distribution grant means are an optical module according to claim 4 characterized by being mutually formed in the opposite side on both sides of the grating section.

{Claim 6}

The good variations powder slope compensator characterized by reducing the distributed slope of the connection other party which prepares the end side of a circulator in the input side of an array waveguide diffraction grating prepared in the optical module of any one publication of claim 1 thru/or claim 5, and is established in the other end side of this circulator.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the optical module used as objects for optical communication, such as for example, wavelength division multiplex transmission, and the distributed slope compensator using the optical module.

[0002]

[Background of the Invention]

In recent years, when making the transmission capacity increase in optical communication is performed and it performs high speed and high capacity communication, in order to control transmission degradation by accumulation distribution, it is indispensable to apply a distributed compensation technique.

[0003]

Generally distributed compensation is performed using the distributed compensation optical fiber with distribution of a sign contrary to the optical fiber for transmission. What [not only] is used carrying out a modularization but a distributed compensation optical fiber is cable-ized to a distributed compensation optical fiber, and there are some which are used as the transmission line in it.

[0004]

However, generally the optical fiber and distributed compensation optical fiber for the transmission lines currently used for the transmission line have a mutually different distributed slope, and residual variance differs to wavelength on the whole (optical fiber + distribution compensation optical fiber for transmission lines) track. That is, the residue powder of the whole track changes with the class of laid transmission line, die length, and the classes of distributed compensation optical fiber and die length. Moreover, variance is changed by the difference in the environmental temperature of the whole track etc.

[0005]

Then, in each transmission line, variance can be set up for every wavelength and development of the distributed slope compensation device with which distribution can be compensated for every wavelength is desired. The request of such a device is high in especially high-speed transmission.

[0006]

As mentioned above, an example as shown in drawing 5 can be considered as an example of the distributed slope compensator (distributed slope compensation device) which can carry out adjustable [of the variance] for every wavelength. This distributed slope compensator connects the light wave length multi/demultiplexer 15 to the output side of the distributed compensation optical fiber 14, connects the optical fiber 16 for an output to the outgoing end of the light wave length multi/demultiplexer 15, respectively, and is formed.

[0007]

The distributed compensation means 17 (17a-17d, ...) is connected to the section through the circulator 11 (11a-11d, ...) in the middle of each optical fiber 16 for an output. The distributed compensation means 17 has the optical fiber grating in which the grating was formed in an optical fiber, and is formed in it.

[0008]

As shown in drawing 5, it connects with the optical fiber 40 for transmission, and is used, and, as for this distributed

slope compensator, the input edge 24 of the distributed compensation optical fiber 14 which is the input edge of a distributed slope compensator is connected to the optical fiber 40 for transmission in this case. Moreover, the outgoing end (outgoing end of each optical fiber 16 for an output) 25 of a distributed slope compensator is connected to a receiver (not shown), respectively.

[0009]

This distributed slope compensator compensates most wavelength dispersion of the optical fiber 40 for transmission with the distributed compensation optical fiber 14, and compensates the remaining wavelength dispersion with a distributed compensation means 17 to correspond for every wavelength.

[0010]

That is, the wavelength multiplexing light which spread the optical fiber 40 for transmission is in the condition that most wavelength dispersion was compensated with the distributed compensation optical fiber 14, is inputted into the light wave length multi/demultiplexer 15, and is separated spectrally for every wavelength by the light wave length multi/demultiplexer 15. And incidence of the light of each wavelength is carried out to the corresponding optical fiber 16 for an output, and it carries out incidence to the 1st port 21 of the corresponding circulator 11, respectively.

[0011]

The above-mentioned circulator 11 outputs the light which outputs the light inputted from the 1st port 21 from the 2nd port 22, and is inputted from the 2nd port 22 from the 3rd port 23, as shown in drawing 6 . That is, if light is inputted into the 1st port 21 of a circulator 11, this light will be transmitted in order of the 1st port 21 -> 2nd port 22, and the 2nd port 22 -> 3rd port 23.

[0012]

Therefore, as shown in drawing 5 , incidence of the light which carried out incidence to the 1st port 21 of each circulator 11 is carried out to the distributed compensation means 17 from the 2nd port 22 of a circulator 11, and distributed compensation is carried out for every wavelength with the distributed compensation means 17. Incidence of this light by which distributed compensation was carried out is again carried out to a circulator 11 from the 2nd port 22, and it returns from the 3rd port 23 of a circulator 11 to the optical fiber 16 for an output.

[0013]

The light which returned to the optical fiber 16 for an output is received by the receiver (not shown) connected to the optical fiber 16 for an output.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, if the number of wavelength which carries out distributed compensation increased, since the distributed slope compensator shown in drawing 5 needed to increase a circulator 11 and the distributed compensation means 17 in proportion to the number of wavelength, its components mark increased and it had the problem that cost will become high.

[0015]

When forming an optical amplifier 18 in the section in the middle of the optical fiber 16 for an output in order to secure the output light reinforcement from a distributed slope compensator as especially shown in drawing 7 , in order also to have to increase an optical amplifier 18 in proportion to the increment in the number of wavelength which carries out distributed compensation, cost will become high further.

[0016]

Made in order that this invention may solve the above-mentioned conventional technical problem, even if the purpose has many wavelength which carry out distributed compensation, it can suppress low the increment in the components mark of a distributed slope compensator, and it is to offer the optical module which can aim at reduction of cost, and the distributed slope compensator using the module.

[0017]

[Means for Solving the Problem]

In order to attain the above-mentioned purpose, this invention has the following configurations and makes them The means for solving a technical problem. The optical module of the 1st invention Namely, at least one optical input waveguide, it connects with the output side of the 1st slab waveguide connected to the output side of this optical input waveguide, and this 1st slab waveguide -- having -- mutual -- a setup -- **** -- with the array waveguide which

consists of the channel waveguide by which two or more side-by-side installation of the die length was carried out It has the array waveguide diffraction grating which has the 2nd slab waveguide connected to the output side of this array waveguide, and the optical output waveguide by which was connected to the output side of this 2nd slab waveguide, and two or more side-by-side installation was carried out. The grating section which reflects the output wavelength light of corresponding optical output waveguide in at least one optical output waveguide of this array waveguide diffraction grating is connected. It is considering as a means to solve a technical problem with the configuration which established the variance adjustable means which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section which gives the heat distribution which changes to a longitudinal direction to this grating section, and corresponds].

[0018]

The optical module of the 2nd invention Moreover, at least one optical input waveguide, it connects with the output side of the 1st slab waveguide connected to the output side of this optical input waveguide, and this 1st slab waveguide -- having -- mutual -- a setup -- **** -- with the array waveguide which consists of the channel waveguide by which two or more side-by-side installation of the die length was carried out It has the array waveguide diffraction grating which has the 2nd slab waveguide connected to the output side of this array waveguide, and the optical output waveguide by which was connected to the output side of this 2nd slab waveguide, and two or more side-by-side installation was carried out. The grating section which reflects the output wavelength light of corresponding optical output waveguide in at least one optical output waveguide of this array waveguide diffraction grating is formed. It is considering as a means to solve a technical problem with the configuration which established the variance adjustable means which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section which gives the heat distribution which changes to a longitudinal direction to each grating section, and corresponds].

[0019]

The optical module of the 3rd invention is added to the configuration of the above 1st or the 2nd invention. Furthermore, said variance adjustable means The 1st heat distribution grant means which gives the heat distribution to which temperature becomes high as it goes to the grating section from the end side at an other end side, It is considering as a means to solve a technical problem with the configuration which has at least one side of the 2nd heat distribution grant means which gives the heat distribution to which temperature becomes low as it goes to said grating section from the end side at an other end side.

[0020]

Furthermore, the optical module of the 4th invention is added to the configuration of invention of the above 3rd. Said 1st heat distribution grant means has the 1st heater formed along with the longitudinal direction of the grating section. This 1st heater is formed so that it may become large as the resistance goes to an other end side from the end side of said grating section. The 2nd heat distribution grant means has the 2nd heater formed along with the longitudinal direction of the grating section. This 2nd heater is made into a means to solve a technical problem with the configuration currently formed so that it may become small as the resistance goes to an other end side from the end side of said grating section.

[0021]

Furthermore, the optical module of the 5th invention is added to the configuration of invention of the above 4th. Said variance adjustable means has the 1st heat distribution grant means and the 2nd heat distribution grant means. The 1st heater which forms said 1st heat distribution grant means, and the 2nd heater which forms said 2nd heat distribution grant means are made into a means to solve a technical problem with the configuration currently mutually formed in the opposite side on both sides of the grating section.

[0022]

Furthermore, the distributed slope compensator of the 6th invention is made into a means to solve a technical problem with the configuration which reduces the distributed slope of the connection other party which prepares the end side of a circulator in the input side of an array waveguide diffraction grating prepared in any one optical module of the above 1st thru/or the 5th invention, and is established in the other end side of this circulator.

[0023]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing. In addition, in

explanation of this example of an operation gestalt, the same sign is given to the same name part as said example of a proposal, and the duplication explanation is omitted or simplified. The schematic diagram of the example of the 1st operation gestalt of the distributed slope compensator using the optical module concerning this invention is typically shown in (a) of drawing 1 .

[0024]

As shown in (a) of drawing 1 , the distributed slope compensator of this example of an operation gestalt has the optical module 50, and this optical module 50 has the grating section 7 and the variance adjustable means 19 which connected with the array waveguide diffraction grating 20 at the output side.

[0025]

Moreover, the distributed slope compensator of this example of an operation gestalt connects to the input side of the array waveguide diffraction grating 20 of the optical module 50 the 2nd port 22 which is the end side of a circulator 11, and is formed in it.

[0026]

The distributed slope compensator of this example of an operation gestalt reduces the distributed slope of the connection other party established in the 1st port 21 which is the other end side of a circulator 11, and compensates the distributed slope of the optical fiber 40 for transmission as the connection other party.

[0027]

The optical fiber 40 for transmission is formed with the distributed shift optical fiber which has zero distribution wavelength in the setting wavelength (about 1562nm) for example, in wavelength the band of 1.55 micrometers. The optical fiber 40 for transmission of this example of application has negative distribution and a forward distributed slope in the wavelength of 1530nm - about 1565nm among wavelength the bands of 1.55 micrometers, as shown in the characteristic ray b of drawing 2 .

[0028]

As shown in (a) of drawing 1 , the array waveguide diffraction grating 20 On a substrate 1, at least one optical input waveguide 2 (here plurality), The 1st slab waveguide 3 connected to the output side of this optical input waveguide 2, and the array waveguide 4 connected to the output side of this 1st slab waveguide 3, The waveguide formation field 10 which has the 2nd slab waveguide 5 connected to the output side of this array waveguide 4 and the optical output waveguide 6 by which was connected to the output side of this 2nd slab waveguide 5, and two or more (here 20) side-by-side installation was carried out is formed.

[0029]

the above-mentioned array waveguide 4 -- mutual -- a setup -- **** -- it consists of channel waveguide 4a by which two or more side-by-side installation of the die length was carried out, and much channel waveguide 4a is usually prepared, as it was called 100. However, in (a) of drawing 1 , the number of channel waveguide 4a is simplified and shown, and the number of the optical input waveguide 2 or the optical output waveguide 6 is simplified and shown similarly.

[0030]

The wavelength multiplexing light inputted into one optical input waveguide 2 is separated spectrally into the light from which wavelength differed, and the array waveguide diffraction grating 20 has the function which outputs this spectral separation light from different optical output waveguide 6 for every wavelength. In addition, the main wavelength of the light separated spectrally is proportional to the difference (ΔL) of the die length of channel waveguide 4a which the array waveguide 4 adjoins, and the effective refractive index (effective refractive index) n_c of the array waveguide 4 like common knowledge.

[0031]

As for the array waveguide diffraction grating 20 applied to this example of an operation gestalt, relative index difference Δn is 0.8%, and the cross-section dimension of the core in the outgoing end section of the optical output waveguide 6 of 6.5micrometerx6.5micrometer and the pitch between cores is 250 micrometers.

[0032]

Moreover, this array waveguide diffraction grating 20 has a multiplexing/demultiplexing function with a frequency spacing of 200GHz, and has the function which carries out multiplexing/demultiplexing of the 20-channel light whose wavelength spacing is about 1.6nm in wavelength the band of 1.55 micrometers (for example, wavelength of about

1530nm - about 1565nm). The multiplexing/demultiplexing wavelength of this array waveguide diffraction grating 20 is set up so that it may become ITU grid wavelength mostly, and the free spectral region of this array waveguide diffraction grating 20 is 6400GHz.

[0033]

In this example of an operation gestalt, the substrate 30 with the separate substrate 1 of the array waveguide diffraction grating 20 is connected to the optical output waveguide 6 side of the above-mentioned array waveguide diffraction grating 20. The optical waveguide 31 for gratings is formed on the substrate 30, and said grating section 7 is formed in each optical waveguide 31 for gratings.

[0034]

In this example of an operation gestalt, 20 optical output waveguides 6 are formed in the array waveguide diffraction grating 20, the optical waveguide 31 for gratings corresponding to each optical output waveguide 6 is connected to it, and, thereby, it connects with the optical output waveguide 6 to which said grating section 7 corresponds.

[0035]

As for the optical waveguide 31 for gratings, relative index difference Δ is 0.8%, and the cross-section dimension of a core of 6.5micrometerx6.5micrometer and the pitch between cores is 250 micrometers like the outgoing end section of the optical output waveguide 6. Moreover, the optical waveguide 31 for gratings is straight-line waveguide, and the die length is about 7cm.

[0036]

Said grating section 7 is constituted so that the light of the setting wavelength band containing the output wavelength of the corresponding optical output waveguide 6 set up beforehand may be reflected, and it has the function in which each grating section 7 reflects the output wavelength of said corresponding optical output waveguide 6, by this configuration.

[0037]

[The output core wavelength (nm) which corresponds in the temperature designed beforehand] / 2/[the effective refractive index (here 1.451) of an optical fiber] have determined the grating period of each grating section 7, and the die length of the grating section 7 is set to about 6cm.

[0038]

Each grating section 7 is the fiber Bragg grating which irradiated ultraviolet radiation using the well-known phase mask method, and formed periodically in the end side of the optical fiber 16 for an output the field where a refractive index is high, and the field where a refractive index is low the fixed period (grating pitch) at the optical fiber longitudinal direction.

[0039]

The above-mentioned ultraviolet radiation exposure is performed to the optical fiber by infiltrating hydrogen in the high-pressure hydrogen container. A dehydrogenation is performed after grating formation and heating aging is performed for 5 minutes at 250 degrees C after that.

[0040]

In this example of an operation gestalt, the variance adjustable means 19 which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section 7 which gives the heat distribution which changes to the longitudinal direction, and corresponds] is formed in each grating section 7. In addition, in (a) of drawing 1 , variance adjustable means 19 other than variance adjustable means 19 formed in the grating section 7 of the optical waveguide 31 for gratings shown on No. 1 are omitted and shown.

[0041]

The variance adjustable means 19 has 1st heater 9a and 2nd heater 9b which were formed along with the longitudinal direction of each grating section, as shown in (b) of drawing 1 . 1st heater 9a and 2nd heater 9b are mutually formed in the opposite side on both sides of the grating section 7. Thickness is the thin film heater made from Cr which is 0.5 micrometers, and the 1st and 2nd heater 9a and 9b is formed by the spatter and the lift-off method.

[0042]

1st heater 9a is formed so that it may become large, as the resistance goes to other end side 13 from end side of the grating section 7 12. 1st heater 9a forms in the grating section 7 1st heat distribution grant means 8a which gives the

heat distribution to which temperature becomes high as it goes to other end side 13 from end side 12.

[0043]

Said 2nd heater 9b is formed so that it may become small, as the resistance goes to other end side 13 from end side of the grating section 7 12. 2nd heater 9b forms in the grating section 7 2nd heat distribution grant means 8b which gives the heat distribution to which temperature becomes low as it goes to other end side 13 from end side 12.

[0044]

In addition, the energization means which is not illustrated is connected to the 1st and 2nd heater 9a and 9b, and the 1st and 2nd heat distribution grant means 8a and 8b has this energization means and 1st and 2nd heater 9a and 9b, is formed, and forms said variance adjustable means 19.

[0045]

That is, in this example of an operation gestalt, when the heat distribution to which temperature becomes high arises and it energizes to 2nd heater 9b as it goes to an other end side from the end side of the grating section 7, when an energization means energizes to 1st heater 9a, the heat distribution to which temperature becomes low arises as it goes to an other end side from the end side of the grating section 7. Therefore, a heater can be formed very easily and heat distribution can be formed.

[0046]

Moreover, if adjustable [of the electrical potential difference] is carried out with an energization means and the amount of energization to the 1st and 2nd heater 9a and 9b is made [many], the inclination of the above-mentioned heat distribution will become large, and if the amount of energization is lessened, the inclination of the above-mentioned heat distribution will become small.

[0047]

Here, the design approach of the variance of reflected wave Nagamitsu by the grating section 7 is described.

[0048]

If the die length of a longitudinal direction of an optical passage path like an optical fiber or optical waveguide is expressed with x on the basis of the incidence edge to the grating section 7 and the rate of a chirp which is rate of change of the longitudinal direction of $** (x)$ and a grating period about the period of a grating [in / for the grating period (grating period in the incidence edge of the grating section 7) of $x=0$ (that is, criteria location) / $**0$ and a location x] is set to α , a degree type (1) will be realized.

[0049]

$$**(x) = **0 + \alpha \cdot x \dots (1)$$

[0050]

Moreover, α is forward, when becoming large as a grating period goes to the opposite side from optical incidence one end of the grating section along with the longitudinal direction of the grating section. On the other hand, α is negative, when becoming small as a grating period goes to the opposite side from optical incidence one end of the grating section along with the longitudinal direction of the grating section.

[0051]

Moreover, reflected wave length [of the grating in a location x] $\lambda(x)$ is expressed with a degree type (2).

[0052]

$$\lambda(x) = 2n_{\text{eff}} \text{ and } **(x) = 2n_{\text{eff}} (**0 + \alpha \cdot x) \dots (2)$$

[0053]

In addition, n_{eff} is the effective refractive index of an optical passage path. In this example of an operation gestalt, it was referred to as $n_{\text{eff}}=1.451$ in the wavelength of 1.55 micrometers.

[0054]

The time amount (time delay) τ until the light which carried out incidence to the grating section 7 returns to an incidence edge again in a location x sets the velocity of light to c , and is expressed by the degree type (3).

[0055]

$$\tau(x) = 2 n_{\text{eff}} \cdot x / c \dots (3)$$

[0056]

The wavelength of the light reflected and the relation of the time delay over the light are expressed by the degree type (4) from a formula (2) and (3).

[0057]

$$\tau(x) = \{\lambda(x) \cdot 2n_{eff} \text{ and } 0\} / (\alpha \cdot c) \dots (4)$$

[0058]

If this formula (4) is differentiated on wavelength, it will become wavelength dispersion D, will be expressed with a degree type (5), and will be determined only at said rate of a chirp.

[0059]

$$D = \tau / \lambda = 1 / (\alpha \cdot c) \dots (5)$$

[0060]

The above-mentioned rate of a chirp (rate of change of the longitudinal direction of a grating period) can carry out an adjustable setup by changing the heat distribution of the longitudinal direction of the grating section 7, and changing the grating period of a light transmission path to a longitudinal direction. Therefore, in this example of an operation gestalt, the variance of the reflected light wavelength of each grating section 7 can be suitably set up by setting up suitably the change rate of heat distribution of changing to the longitudinal direction of the grating section 7.

[0061]

Moreover, the side near the incidence one end reflects the light by the side of short wavelength, for example, the grating section 7 can set up a far side so that the light by the side of long wavelength may be reflected, and the reflected wave length bandwidth (compensation bandwidth by the grating section 7) of each grating section 7 can be found from the difference of the reflected wave length in the both ends of the grating section 7.

[0062]

That is, when the reflected wave length bandwidth of the grating section 7 is determined based on said formula (2), the reflected wave length bandwidth BW of the grating section 7 is shown by the degree type (6), using the die length of the grating section 7 as l.

[0063]

$$BW = 2 n_{eff} \cdot \alpha \cdot l \dots (6)$$

[0064]

This example of an operation gestalt is based on the above-mentioned formula (5) and (6). Each grating section 7 So that it may have the function to reflect the light of the setting reflected wave length band containing the output wavelength light of the optical output waveguide 6 to which the array waveguide diffraction grating 20 corresponds and proper setting variance can be given to the output wavelength light of the corresponding optical output waveguide 6 Die-length l of the rate alpha of a chirp of the grating period of the grating section 7 and the grating section 7 is determined.

[0065]

Moreover, since 1st heat distribution grant means 8a gives like the above the heat distribution to which temperature becomes high as it goes to other end side 13 from end side 12 at the grating section 7, if heat distribution is given to the grating section 7 by 1st heat distribution grant means 8a, forward wavelength dispersion will arise (if it energizes to 1st heater 9a).

[0066]

On the other hand, since 2nd heat distribution grant means 8b gives the heat distribution to which temperature becomes low to the grating section 7 as it goes to other end side 13 from end side 12, if heat distribution is given to the grating section 7 by 2nd heat distribution grant means 8b, negative wavelength dispersion will produce it (if it energizes to 2nd heater 9b).

[0067]

Then, when performing distributed compensation of the optical fiber 40 for transmission of the above-mentioned example of application, it carried out to giving heat distribution to the grating section 7 by 1st heat distribution grant means 8a, and producing forward wavelength dispersion.

[0068]

If this example of an operation gestalt is constituted as mentioned above, for example, wavelength multiplexing light is inputted into the distributed slope compensator of this example of an operation gestalt from the optical fiber 40 for transmission, incidence of this wavelength multiplexing light will be carried out to a circulator 11 from the 1st port 21 of a circulator 11, and it will carry out incidence to the array waveguide mold diffraction grating 20 from the 2nd port

22 of a circulator 11.

[0069]

And incidence of this wavelength multiplexing light is carried out to one optical input waveguide 2 of the array waveguide diffraction grating 20, it is separated spectrally by the array waveguide diffraction grating 20, and outgoing radiation of it is carried out from each optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20. From each optical output waveguide 6, incidence of each wavelength light which carried out outgoing radiation is carried out to the optical waveguide 31 for gratings, and it is spread.

[0070]

Although it will reflect by the grating section 7 to which the output wavelength light of each optical output waveguide 6 corresponds if it does so, adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section 7] is carried out by the variance adjustable means 19, setting variance is given to each reflected light wavelength (a group delay difference given), and it will be in the condition that the amount of wavelength dispersion of the output wavelength light of each optical output waveguide 6 was compensated. And the light of each of this wavelength by which distributed compensation was carried out follows and spreads the array waveguide diffraction grating 20, and a path contrary to the above is multiplexed [diffraction grating] in it.

[0071]

That is, in the distributed slope compensator of this example of an operation gestalt, the group delay given to reflected wave Nagamitsu of each grating section 7 serves as a property shown in O of drawing 2 , and setting distribution (setting group delay difference) is given in the range of $\pm 0.2\text{nm}$ ITU grid wavelength which is mostly in agreement with the output wavelength from each optical output waveguide 6.

[0072]

The property shown in O of drawing 2 is on the characteristic ray a of drawing 2 , and this characteristic ray a is group delay frequency characteristics required in order to compensate the group delay frequency characteristics of the optical fiber 40 for transmission shown in the characteristic ray b of drawing 2 . Therefore, this example of an operation gestalt can compensate about 0 for the group delay frequency characteristics of the optical fiber 40 for transmission by the group delay given to reflected wave Nagamitsu of each grating section 7, and compensation of wavelength dispersion is performed.

[0073]

In addition, in this example of an operation gestalt, a receiver (not shown) is connected to the 3rd port 23 of a circulator 11 shown in (a) of drawing 1 through an optical separator. Distributed compensation is carried out as mentioned above, incidence of the multiplexing light it was multiplexed [light] by the array waveguide diffraction grating 20 is carried out to a circulator 11 from the 2nd port 22 of a circulator 11, and it is received by the receiver through an optical separator from the 3rd port 23 of a circulator 11.

[0074]

according to this example of an operation gestalt, as mentioned above, the grating section 7 be connect to each optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20, coincidence can be compensate for the wavelength dispersion of the wavelength light of plurality (here 20) in the range of $\pm 0.2\text{nm}$ ITU grid wavelength with the very easy configuration which established the variance adjustable means 19 which carry out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section] about 0, and a distributed slope can be compensate with it.

[0075]

Moreover, in order that the configuration of this example of an operation gestalt may determine the number of wavelength which be make equivalent to the number of wavelength which carry out distributed compensation, and carry out multiplexing/demultiplexing by the array waveguide diffraction grating 20 and may just set up the number of the grating section 7 and the variance adjustable means 19, even if there be many wavelength which carry out distributed compensation, an equipment configuration do not become complicated and it cause neither the steep increment in components mark, nor a steep cost rise.

[0076]

Moreover, in this example of an operation gestalt, in order to secure the output light reinforcement from a distributed slope compensator, for example, also when forming an optical amplifier in a distributed slope compensator, increase of components mark can be controlled that what is necessary is just to form an optical amplifier in the output side of the

return light from the array waveguide diffraction grating 20 of a circulator 11.

[0077]

In addition, like the above, this example of an operation gestalt has 1st heat distribution grant means 8a and 2nd heat distribution grant means 8b, and can set up suitably the sign of the distribution given to the grating section 7 by operating both these heat distribution grant both [either or] 8a and 8b.

[0078]

Therefore, the wavelength dispersion of various optical fibers 40 for transmission can be compensated by making the distributed slope compensator of this example of an operation gestalt correspond to the wavelength dispersion of the optical fiber 40 for transmission connected not only to the above-mentioned example of application but to a distributed slope compensator, operating both 1st heat distribution grant means 8a, and the 2nd heat distribution grant means 8both [one side or], and carrying out adjustable [of the amount of energization to Heaters 9a and 9b].

[0079]

The schematic diagram of the example of the 2nd operation gestalt of the distributed slope compensator using the optical module concerning this invention is typically shown in (a) of drawing 3 . The example of the 2nd operation gestalt is constituted almost like the above-mentioned example of the 1st operation gestalt, and the characteristic thing which the example of the 2nd operation gestalt differs from the above-mentioned example of the 1st operation gestalt is having formed the grating section 7 of a waveguide mold in the optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20.

[0080]

The example of the 2nd operation gestalt is constituted as mentioned above, and can do so the effectiveness as the above-mentioned example of the 1st operation gestalt that the example of the 2nd operation gestalt is also the same.

[0081]

Moreover, since the grating section 7 is formed in the optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20, the equipment configuration of a distributed slope compensator can be simplified further, and, as for the example of the 2nd operation gestalt, about 0.5dB also of optical passage loss can also be made small to the example of the 1st operation gestalt.

[0082]

The schematic diagram of the example of the 3rd operation gestalt of the distributed slope compensator using the optical module concerning this invention is typically shown in (a) of drawing 4 .

[0083]

The example of the 3rd operation gestalt connects two or more optical fibers 16 for an output to the output side of the array waveguide diffraction grating 20, and the optical module 50 is formed and it is connected to the optical output waveguide 6 to which the grating section 7 is formed in each optical fiber 16 for an output, and the array waveguide diffraction grating 20 corresponds. In addition, the optical fiber 16 for an output is connected to the array waveguide diffraction grating 20 by the fiber array 26 at the array waveguide diffraction grating 20 through the optical fiber tape core wire 27 by which connection immobilization was carried out.

[0084]

The variance adjustable means 19 which carries out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section 7 which gives the heat distribution which changes to a longitudinal direction to each grating section 7, and corresponds also in the example of the 3rd operation gestalt about the case where the optical fiber 40 for transmission is formed with the distributed shift optical fiber which has zero distribution wavelength, for example in the setting wavelength (about 1562nm) in wavelength the band of 1.55 micrometers so that the wavelength dispersion of this optical fiber 40 for transmission can be compensated] was attached. In addition, commercial components are sufficient as the variance adjustable means 19.

[0085]

Moreover, the circulator 11 was connected to the input side of the array waveguide diffraction grating 20 of the optical module 50 in the example of the 3rd operation gestalt.

[0086]

The example of the 3rd operation gestalt is constituted as mentioned above, and can do so the effectiveness as the above-mentioned example of the 1st and 2nd operation gestalt that the example of the 3rd operation gestalt is also

the same.

[0087]

In addition, this invention is not limited to each above-mentioned example of an operation gestalt, and can take the mode of various operations. For example, in each above-mentioned example of an operation gestalt, the variance adjustable means 19 may be made to correspond to the wavelength dispersion of the connection other party which connects a distributed slope compensator, for example although considered as the configuration which has 1st heat distribution grant means 8a and 2nd heat distribution grant means 8b, and the variance adjustable means 19 may prepare and form only any of 1st heat distribution grant means 8a and 2nd heat distribution grant means 8b, or one side.

[0088]

Moreover, although 1st heat distribution grant means 8a and 2nd heat distribution grant means 8b had the heaters 9a and 9b formed in the both sides, respectively along with the grating section 7 in each above-mentioned example of an operation gestalt, respectively, especially the configuration of 1st heat distribution grant means 8a or 2nd heat distribution grant means 8b is not limited, and is set up suitably.

[0089]

For example, although the heater production technique in which precision is very high is needed compared with each above-mentioned example of an operation gestalt, 1st heat distribution grant means 8a and 2nd heat distribution grant means 8b may be formed by forming a heater between the grating pitches of the grating section 7, and setting up the resistance of this heater suitably.

[0090]

Furthermore, the detailed configuration of the array waveguide diffraction grating 20 applied to the optical module and distributed slope compensator of this invention cannot necessarily be restricted as considering as the configuration of the array waveguide diffraction grating 20 applied to each above-mentioned example of an operation gestalt, but can apply suitably conventional various array waveguide diffraction gratings constituted or proposed, and the number of multiplexing/demultiplexing wavelength is also set up suitably.

[0091]

Furthermore, in the optical module and distributed slope compensator of this invention, especially the formation gestalt of the grating section 7 formed in the topology of the optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20 and the grating section 7 and the optical output waveguide 6 of the array waveguide diffraction grating 20 is not limited, and is set up suitably.

[0092]

However, if the grating section 7 is formed in the optical output waveguide 6 like the above-mentioned example of the 2nd operation gestalt, since light transmission loss can be reduced by about 1dB compared with the ** case which forms the grating section 7 in the optical fiber 16 for an output like the above-mentioned example of the 3rd operation gestalt, and connects the optical fiber 16 for an output to the array waveguide diffraction grating 20, it is desirable.

[0093]

[Effect of the Invention]

According to the optical module and distributed slope compensator of this invention, to at least one optical output waveguide of an array waveguide diffraction grating The grating section which reflects the output wavelength light of corresponding optical output waveguide is connected or formed. By carrying out adjustable [of the variance of the reflected light wavelength of the grating section which gives the heat distribution which changes with variance adjustable means to a longitudinal direction to the grating section, and corresponds], the variance of two or more wave light can be separately compensated at once for two or more wave light of every.

[0094]

That is, even when there is many wavelength which carry out distributed compensation, they are made to correspond to the number of wavelength, and form an array waveguide diffraction grating and the grating section, and the optical module and distributed slope compensator of this invention only give the heat distribution which changes to the grating section at a longitudinal direction, can reduce the variance of two or more wave light at once easily with an easy configuration, and can control a cost rise.

[0095]

Furthermore, in the optical module and distributed slope compensator of this invention, according to the configuration whose variance adjustable means has at least one side of the 1st heat distribution grant means and the 2nd heat distribution grant means, proper heat distribution can be given to the grating section and the above-mentioned effectiveness can be demonstrated with these heat distribution grant means.

[0096]

Furthermore, according to the configuration in which the 1st heat distribution grant means which forms a variance adjustable means has the 1st heater, and is formed in, and the 2nd heat distribution grant means is formed by having the 2nd heater, in the optical module and distributed slope compensator of this invention, a heat distribution grant means can be formed easily.

[0097]

Furthermore, in the optical module and distributed slope compensator of this invention, according to the configuration which has the 1st heat distribution grant means in which a variance adjustable means has the 1st heater, and the 2nd heat distribution grant means which has the 2nd heater, since wavelength dispersion of the reflected light wavelength of the grating section is made to forward and negative, wavelength dispersion compensation of the connection other party can be performed much more exactly if needed.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] They are the important section block diagram (a) of the example of the 1st operation gestalt of the distributed slope compensator concerning this invention, and the mimetic diagram (b) showing the grating section circumference configuration of this example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the graph which shows the example of group delay frequency characteristics of the distributed slope compensator of the above-mentioned example of an operation gestalt, and the example of group delay frequency characteristics of the optical fiber for transmission of the connection other party.

[Drawing 3] They are the important section block diagram (a) of the example of the 2nd operation gestalt of the distributed slope compensator concerning this invention, and the mimetic diagram (b) showing the grating section circumference configuration of this example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 4] It is the important section block diagram of the example of the 3rd operation gestalt of the distributed slope compensator concerning this invention.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing the example of a proposal of a distributed slope compensator.

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the example of a circulator of operation.

[Drawing 7] It is the explanatory view showing another example of a proposal of a distributed slope compensator.

[Description of Notations]

1 Substrate

2 Optical Input Waveguide

3 1st Slab Waveguide

4 Array Waveguide

4a Channel waveguide

5 2nd Slab Waveguide

6 Optical Output Waveguide

7 Grating Section

8a The 1st heat distribution grant means

8b The 2nd heat distribution grant means

9a The 1st heater

9b The 2nd heater

19 Variance Adjustable Means

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] They are the important section block diagram (a) of the example of the 1st operation gestalt of the

distributed slope compensator concerning this invention, and the mimetic diagram (b) showing the grating section circumference configuration of this example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the graph which shows the example of group delay frequency characteristics of the distributed slope compensator of the above-mentioned example of an operation gestalt, and the example of group delay frequency characteristics of the optical fiber for transmission of the connection other party.

[Drawing 3] They are the important section block diagram (a) of the example of the 2nd operation gestalt of the distributed slope compensator concerning this invention, and the mimetic diagram (b) showing the grating section circumference configuration of this example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 4] It is the important section block diagram of the example of the 3rd operation gestalt of the distributed slope compensator concerning this invention.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing the example of a proposal of a distributed slope compensator.

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the example of a circulator of operation.

[Drawing 7] It is the explanatory view showing another example of a proposal of a distributed slope compensator.

[Description of Notations]

1 Substrate

2 Optical Input Waveguide

3 1st Slab Waveguide

4 Array Waveguide

4a Channel waveguide

5 2nd Slab Waveguide

6 Optical Output Waveguide

7 Grating Section

8a The 1st heat distribution grant means

8b The 2nd heat distribution grant means

9a The 1st heater

9b The 2nd heater

19 Variance Adjustable Means

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-45747

(P2004-45747A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.⁷
G02F 1/01F I
G02F 1/01

C

テーマコード(参考)
2H079

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-202927 (P2002-202927)
(22) 出願日 平成14年7月11日(2002.7.11)

(71) 出願人 000005290
古河電気工業株式会社
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(74) 代理人 100093894
弁理士 五十嵐 清

(72) 発明者 柏原 一久
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 奈良 一孝
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 川島 洋志
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

Fターム(参考) 2H079 AA06 AA12 BA01 BA03 CA04
DA05 EA09 EB27 KA08 KA20

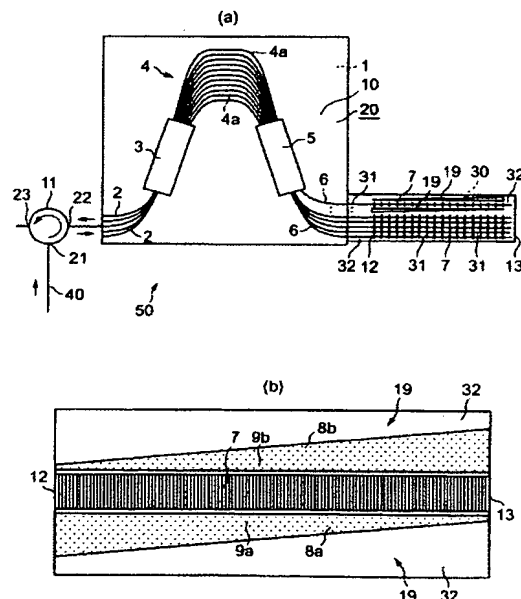
(54) 【発明の名称】 光モジュールおよびその光モジュールを用いた分散スロープ補償器

(57) 【要約】

【課題】分散補償する波長数が増えても部品点数の増加を低く抑えることができる安価な光モジュールと分散スロープ補償器を提供する。

【解決手段】光入力導波路2と、第1のスラブ導波路3と、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路4aから成るアレイ導波路4と、第2のスラブ導波路5と、複数並設された光出力導波路6とを有するアレイ導波路回折格子20を備え、アレイ導波路回折格子20の少なくとも1つの光出力導波路6に、対応する光出力導波路6の出力波長光を反射するグレーティング部7を接続する。グレーティング部7には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部7の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段19を設ける。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 本の光入力導波路と、該光入力導波路の出力側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出力側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出力側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出力側に接続されて複数並設された光出力導波路とを有するアレイ導波路回折格子を備え、該アレイ導波路回折格子の少なくとも 1 つの光出力導波路には対応する光出力導波路の出力波長光を反射するグレーティング部が接続され、該グレーティング部には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段を設けたことを特徴とする光モジュール。 10

【請求項 2】

少なくとも 1 本の光入力導波路と、該光入力導波路の出力側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出力側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出力側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出力側に接続されて複数並設された光出力導波路とを有するアレイ導波路回折格子を備え、該アレイ導波路回折格子の少なくとも 1 つの光出力導波路には対応する光出力導波路の出力波長光を反射するグレーティング部が形成され、それぞれのグレーティング部には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段を設けたことを特徴とする光モジュール。 20

【請求項 3】

分散量可変手段は、グレーティング部にその一端側から他端側に向かうにつれて温度が高くなる熱分布を与える第 1 の熱分布付与手段と、前記グレーティング部にその一端側から他端側に向かうにつれて温度が低くなる熱分布を与える第 2 の熱分布付与手段の少なくとも一方を有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の光モジュール。

【請求項 4】

第 1 の熱分布付与手段はグレーティング部の長手方向に沿って形成された第 1 のヒーターを有し、該第 1 のヒーターはその抵抗値が前記グレーティング部の一端側から他端側に向かうにつれて大きくなるように形成されており、第 2 の熱分布付与手段はグレーティング部の長手方向に沿って形成された第 2 のヒーターを有し、該第 2 のヒーターはその抵抗値が前記グレーティング部の一端側から他端側に向かうにつれて小さくなるように形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の光モジュール。 30

【請求項 5】

分散量可変手段は第 1 の熱分布付与手段と第 2 の熱分布付与手段を有しており、前記第 1 の熱分布付与手段を形成する第 1 のヒーターと前記第 2 の熱分布付与手段を形成する第 2 のヒーターはグレーティング部を挟んで互いに反対側に形成されていることを特徴とする請求項 4 記載の光モジュール。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一つに記載の光モジュールに設けられているアレイ導波路回折格子の入力側にサーキュレータの一端側を設け、該サーキュレータの他端側に設けられる接続相手側の分散スロープを低減することを特徴とする可変分散スロープ補償器。 40

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、例えば波長分割多重伝送等の光通信用として用いられる光モジュールおよびその光モジュールを用いた分散スロープ補償器に関するものである。

【0002】**【背景技術】**

近年、光通信においては、その伝送容量を増加させることが行われており、高速度、大容 50

量通信を行う場合、累積分散による伝送劣化を抑制するため、分散補償技術を適用することが必須となっている。

【0003】

分散補償は、一般的に、伝送用光ファイバと逆の符号の分散を持つ分散補償光ファイバを用いて行われている。分散補償光ファイバにはモジュール化して使用するものだけでなく、分散補償光ファイバをケーブル化し、伝送線路として使用するものもある。

【0004】

しかし、一般に、伝送線路に使用されている伝送線路用の光ファイバと分散補償光ファイバは、互いに異なる分散スロープをもっており、線路全体（伝送路用光ファイバ＋分散補償光ファイバ）では波長に対して残留分散量が異なる。つまり、敷設した伝送線路の種類、長さ、分散補償光ファイバの種類、長さにより、線路全体の残留分散が異なる。また、線路全体の環境温度の違い等により分散量変動する。

【0005】

そこで、それぞれの伝送線路において、波長ごとに分散量を設定でき、波長ごとに分散を補償できる分散スロープ補償デバイスの開発が望まれている。このようなデバイスの要望は、特に高速伝送において高い。

【0006】

上記のように、波長ごとに分散量を可変できる分散スロープ補償器（分散スロープ補償デバイス）の例として、図5に示すような例が考えられる。この分散スロープ補償器は、分散補償光ファイバ14の出力側に光波長合分波器15を接続し、光波長合分波器15の出力端にはそれぞれ出力用光ファイバ16を接続して形成されている。

【0007】

それぞれの出力用光ファイバ16の途中部には、サーキュレータ11（11a～11d，・・・）を介して分散補償手段17（17a～17d，・・・）が接続されている。分散補償手段17は、例えば光ファイバにグレーティングを形成した光ファイバグレーティングを有して形成されている。

【0008】

図5に示すように、この分散スロープ補償器は、例えば伝送用光ファイバ40に接続されて用いられるものであり、この場合、分散スロープ補償器の入力端である分散補償光ファイバ14の入力端24が伝送用光ファイバ40に接続される。また、分散スロープ補償器の出力端（各出力用光ファイバ16の出力端）25は、それぞれ、レシーバー（図示せず）に接続される。

【0009】

この分散スロープ補償器は、伝送用光ファイバ40の波長分散の殆どを分散補償光ファイバ14により補償し、残りの波長分散を、波長ごとに対応する分散補償手段17により補償するものである。

【0010】

つまり、伝送用光ファイバ40を伝搬した波長多重光は、分散補償光ファイバ14により波長分散の殆どを補償された状態で、光波長合分波器15に入力され、光波長合分波器15によって波長ごとに分波される。そして、それぞれの波長の光は対応する出力用光ファイバ16に入射し、それぞれ、対応するサーキュレータ11の第1ポート21に入射する。

【0011】

上記サーキュレータ11は、図6に示すように、第1ポート21から入力される光を第2ポート22から出力し、かつ、第2ポート22から入力される光を第3ポート23から出力する。つまり、サーキュレータ11の第1ポート21に光を入力すると、この光は、第1ポート21→第2ポート22、第2ポート22→第3ポート23の順に伝送する。

【0012】

したがって、図5に示したように、それぞれのサーキュレータ11の第1ポート21に入射した光は、サーキュレータ11の第2ポート22から分散補償手段17に入射し、分散

補償手段 17 によって波長ごとに分散補償される。この分散補償された光は、第 2 ポート 22 から再びサーキュレータ 11 に入射し、サーキュレータ 11 の第 3 ポート 23 から出力用光ファイバ 16 に戻る。

【0013】

出力用光ファイバ 16 に戻った光は、例えば出力用光ファイバ 16 に接続されているレーザー（図示せず）に受光される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 5 に示した分散スロープ補償器は、分散補償する波長数が増えると、その波長数に比例して、サーキュレータ 11 と分散補償手段 17 を増やす必要があるため、部品点数が多くなり、コストが高くなってしまふといった問題があった。

【0015】

特に、図 7 に示すように、分散スロープ補償器からの出力光強度を確保するために、出力用光ファイバ 16 の途中部に光増幅器 18 を設ける場合には、分散補償する波長数増加に比例して光増幅器 18 も増やさなければならないため、さらにコストが高くなってしまふ。

【0016】

本発明は、上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、分散補償する波長数が多くても分散スロープ補償器の部品点数の増加を低く抑えることができ、コストの低減を図ることができる光モジュールおよびそのモジュールを用いた分散スロープ補償器を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第 1 の発明の光モジュールは、少なくとも 1 本の光入力導波路と、該光入力導波路の出力側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出力側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出力側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出力側に接続されて複数並設された光出力導波路とを有するアレイ導波路回折格子を備え、該アレイ導波路回折格子の少なくとも 1 つの光出力導波路には対応する光出力導波路の出力波長光を反射するグレーティング部が接続され、該グレーティング部には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段を設けた構成をもって課題を解決する手段としている。

【0018】

また、第 2 の発明の光モジュールは、少なくとも 1 本の光入力導波路と、該光入力導波路の出力側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出力側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出力側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出力側に接続されて複数並設された光出力導波路とを有するアレイ導波路回折格子を備え、該アレイ導波路回折格子の少なくとも 1 つの光出力導波路には対応する光出力導波路の出力波長光を反射するグレーティング部が形成され、それぞれのグレーティング部には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段を設けた構成をもって課題を解決する手段としている。

【0019】

さらに、第 3 の発明の光モジュールは、上記第 1 または第 2 の発明の構成に加え、前記分散量可変手段は、グレーティング部にその一端側から他端側に向かうにつれて温度が高くなる熱分布を与える第 1 の熱分布付与手段と、前記グレーティング部にその一端側から他端側に向かうにつれて温度が低くなる熱分布を与える第 2 の熱分布付与手段の少なくとも一方を有する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0020】

さらに、第4の発明の光モジュールは、上記第3の発明の構成に加え、前記第1の熱分布付与手段はグレーティング部の長手方向に沿って形成された第1のヒーターを有し、該第1のヒーターはその抵抗値が前記グレーティング部の一端側から他端側に向かうにつれて大きくなるように形成されており、第2の熱分布付与手段はグレーティング部の長手方向に沿って形成された第2のヒーターを有し、該第2のヒーターはその抵抗値が前記グレーティング部の一端側から他端側に向かうにつれて小さくなるように形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【0021】

さらに、第5の発明の光モジュールは、上記第4の発明の構成に加え、前記分散量可変手段は第1の熱分布付与手段と第2の熱分布付与手段を有しており、前記第1の熱分布付与手段を形成する第1のヒーターと前記第2の熱分布付与手段を形成する第2のヒーターはグレーティング部を挟んで互いに反対側に形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【0022】

さらに、第6の発明の分散スロープ補償器は、上記第1乃至第5の発明のいずれか一つの光モジュールに設けられているアレイ導波路回折格子の入力側にサーキュレータの一端側を設け、該サーキュレータの他端側に設けられる接続相手側の分散スロープを低減する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、本実施形態例の説明において、前記提案例と同一名称部分には同一符号を付し、その重複説明は省略または簡略化する。図1の(a)には、本発明に係る光モジュールを用いた分散スロープ補償器の第1実施形態例の概略図が模式的に示されている。

【0024】

図1の(a)に示すように、本実施形態例の分散スロープ補償器は光モジュール50を有しており、該光モジュール50は、アレイ導波路回折格子20と、その出力側に接続したグレーティング部7および分散量可変手段19を有している。

【0025】

また、本実施形態例の分散スロープ補償器は、光モジュール50のアレイ導波路回折格子20の入力側に、サーキュレータ11の一端側である第2ポート22を接続して形成されている。

【0026】

本実施形態例の分散スロープ補償器は、サーキュレータ11の他端側である第1ポート21に設けられる接続相手側の分散スロープを低減するものであり、例えば接続相手側としての伝送用光ファイバ40の分散スロープを補償する。

【0027】

伝送用光ファイバ40は、例えば波長1.55 μ m帯内の設定波長(約1562nm)に零分散波長を持つ分散シフト光ファイバにより形成されるものである。この適用例の伝送用光ファイバ40は、図2の特性線bに示すように、波長1.55 μ m帯のうち、波長1530nm~約1565nmにおいて、負の分散と正の分散スロープを有する。

【0028】

図1の(a)に示すように、アレイ導波路回折格子20は、基板1上に、少なくとも1本(ここでは複数)の光入力導波路2と、該光入力導波路2の出力側に接続された第1のスラブ導波路3と、該第1のスラブ導波路3の出力側に接続されたアレイ導波路4と、該アレイ導波路4の出力側に接続された第2のスラブ導波路5と、該第2のスラブ導波路5の出力側に接続されて複数(ここでは20本)並設された光出力導波路6とを有する導波路形成領域10を形成している。

【0029】

上記アレイ導波路4は、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路4aか

ら成り、チャンネル導波路4aは、通常、例えば100本といったように多数設けられる。ただし、図1の(a)においてはチャンネル導波路4aの数を簡略化して示しており、同様に、光入力導波路2や光出力導波路6の本数も簡略化して示している。

【0030】

アレイ導波路回折格子20は、例えば1本の光入力導波路2に入力される波長多重光を、波長の異なった光に分波し、この分波光を波長ごとに異なる光出力導波路6から出力する機能を有している。なお、周知の如く、分波される光の中心波長は、アレイ導波路4の隣り合うチャンネル導波路4aの長さの差(ΔL)及びアレイ導波路4の実効屈折率(等価屈折率) n_e に比例する。

【0031】

本実施形態例に適用しているアレイ導波路回折格子20は、比屈折率差 Δ が0.8%であり、光出力導波路6の出力端部におけるコアの断面寸法が $6.5\mu\text{m} \times 6.5\mu\text{m}$ 、コア間ピッチは $250\mu\text{m}$ である。

【0032】

また、このアレイ導波路回折格子20は、周波数間隔200GHzの合分波機能を有し、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯(例えば波長約 $1530\text{nm} \sim 1565\text{nm}$)において、波長間隔が約 1.6nm の20チャンネル光を合分波する機能を有する。このアレイ導波路回折格子20の合分波波長は、ほぼITUグリッド波長となるように設定されており、このアレイ導波路回折格子20の自由スペクトル領域は6400GHzである。

【0033】

本実施形態例において、上記アレイ導波路回折格子20の光出力導波路6側には、アレイ導波路回折格子20の基板1とは別個の基板30が接続されている。基板30上にはグレーティング用光導波路31が形成されており、それぞれのグレーティング用光導波路31には前記グレーティング部7が形成されている。

【0034】

本実施形態例において、アレイ導波路回折格子20には20本の光出力導波路6が形成されており、それぞれの光出力導波路6に対応するグレーティング用光導波路31が接続され、それにより、前記グレーティング部7が対応する光出力導波路6に接続されている。

【0035】

グレーティング用光導波路31は、比屈折率差 Δ が0.8%であり、光出力導波路6の出力端部と同様に、コアの断面寸法が $6.5\mu\text{m} \times 6.5\mu\text{m}$ 、コア間ピッチは $250\mu\text{m}$ である。また、グレーティング用光導波路31は直線導波路であり、その長さは約7cmである。

【0036】

前記グレーティング部7は、対応する光出力導波路6の出力波長を含む予め設定された設定波長帯域の光を反射するように構成されており、この構成により、それぞれのグレーティング部7が前記対応する光出力導波路6の出力波長を反射する機能を有している。

【0037】

各グレーティング部7のグレーティング周期は、[予め設計した温度において対応する出力中心波長(nm)] / 2 / [光ファイバの実効屈折率(ここでは1.451)]により決定しており、グレーティング部7の長さは約6cmとしている。

【0038】

それぞれのグレーティング部7は、出力用光ファイバ16の一端側に周知の位相マスク法を用いて紫外光を照射し、屈折率が高い領域と屈折率が低い領域を光ファイバ長手方向に一定の周期(グレーティングピッチ)で周期的に形成したファイバブラッググレーティングである。

【0039】

上記紫外光照射は、高圧水素容器中で光ファイバに水素を含浸させて行われている。グレーティング形成後、脱水素が行われ、その後、 250°C で5分間加熱エージングが行われている。

10

20

30

40

50

【0040】

本実施形態例において、それぞれのグレーティング部7には、その長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部7の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段19が設けられている。なお、図1の(a)においては、1番上に示したグレーティング用光導波路31のグレーティング部7に形成された分散量可変手段19以外の分散量可変手段19は省略して示している。

【0041】

分散量可変手段19は、図1の(b)に示すように、それぞれのグレーティング部の長手方向に沿って形成された第1のヒーター9aと第2のヒーター9bを有している。第1のヒーター9aと第2のヒーター9bは、グレーティング部7を挟んで互いに反対側に形成されている。第1、第2のヒーター9a, 9bは、膜厚が0.5 μ mのCr製薄膜ヒーターであり、スパッタ法およびリフトオフ法により形成されている。

10

【0042】

第1のヒーター9aはその抵抗値がグレーティング部7の一端側12から他端側13に向かうにつれて大きくなるように形成されている。第1のヒーター9aは、グレーティング部7に、その一端側12から他端側13に向かうにつれて温度が高くなる熱分布を与える第1の熱分布付与手段8aを形成している。

【0043】

前記第2のヒーター9bはその抵抗値がグレーティング部7の一端側12から他端側13に向かうにつれて小さくなるように形成されている。第2のヒーター9bは、グレーティング部7に、その一端側12から他端側13に向かうにつれて温度が低くなる熱分布を与える第2の熱分布付与手段8bを形成している。

20

【0044】

なお、第1、第2のヒーター9a, 9bには、図示されていない通電手段が接続されており、第1と第2の熱分布付与手段8a, 8bは、この通電手段と第1、第2のヒーター9a, 9bを有して形成され、前記分散量可変手段19を形成している。

【0045】

つまり、本実施形態例において、通電手段が第1のヒーター9aに通電したときには、グレーティング部7の一端側から他端側に向かうにつれて温度が高くなる熱分布が生じ、第2のヒーター9bに通電したときには、グレーティング部7の一端側から他端側に向かうにつれて温度が低くなる熱分布が生じる。よって、非常に簡単にヒーターが形成でき、かつ、熱分布が形成できる。

30

【0046】

また、通電手段により電圧を可変して第1、第2のヒーター9a, 9bへの通電量を多くすると、上記熱分布の傾きが大きくなり、通電量を少なくすると、上記熱分布の傾きが小さくなる。

【0047】

ここで、グレーティング部7による反射波長光の分散量の設計方法について述べる。

【0048】

光ファイバや光導波路のような光通過通路の長手方向の長さを、グレーティング部7への入射端を基準としてxで表し、x=0(つまり、基準位置)でのグレーティング周期(グレーティング部7の入射端でのグレーティング周期)を Λ_0 、位置xにおけるグレーティングの周期を $\Lambda(x)$ 、グレーティング周期の長手方向の変化率であるチャープ率を α とすると、次式(1)が成り立つ。

40

【0049】

$$\Lambda(x) = \Lambda_0 + \alpha \cdot x \cdots \cdots (1)$$

【0050】

また、グレーティング周期がグレーティング部の長手方向に沿って、グレーティング部の光入射端側からその反対側に向かうにつれて大きくなる場合、 α は正である。一方、グレーティング周期がグレーティング部の長手方向に沿って、グレーティング部の光入射端側

50

からその反対側に向かうにつれて小さくなる場合、 α は負である。

【0051】

また、位置 x でのグレーティングの反射波長 $\lambda(x)$ は、次式 (2) で表される。

【0052】

$$\lambda(x) = 2 n_{eff} \cdot \Lambda(x) = 2 n_{eff} (\Lambda_0 + \alpha \cdot x) \dots (2)$$

【0053】

なお、 n_{eff} は光通過通路の実効屈折率である。本実施形態例では、波長 $1.55 \mu m$ において、 $n_{eff} = 1.451$ とした。

【0054】

グレーティング部 7 に入射した光が位置 x で再び入射端に戻ってくるまでの時間 (遅延時間) τ は、光速を c として、次式 (3) により表される。

【0055】

$$\tau(x) = 2 n_{eff} \cdot x / c \dots (3)$$

【0056】

式 (2)、(3) から、反射される光の波長とその光に対する遅延時間の関係は、次式 (4) により表される。

【0057】

$$\tau(x) = \{ \lambda(x) - 2 n_{eff} \cdot \Lambda_0 \} / (\alpha \cdot c) \dots (4)$$

【0058】

この式 (4) を波長で微分すると、波長分散 D となり、次式 (5) で表され、前記チャープ率のみで決定される。

【0059】

$$D = \partial \tau / \partial \lambda = 1 / (\alpha \cdot c) \dots (5)$$

【0060】

上記チャープ率 (グレーティング周期の長手方向の変化率) は、グレーティング部 7 の長手方向の熱分布を変化させて、光透過通路のグレーティング周期を長手方向に変化させることにより可変設定できるものである。したがって、本実施形態例において、グレーティング部 7 の長手方向に変化する熱分布の変化割合を適宜設定することにより、それぞれのグレーティング部 7 の反射光波長の分散量を適宜設定できる。

【0061】

また、グレーティング部 7 は、例えばその入射端側に近い側は短波長側の光を反射し、遠い側は長波長側の光を反射するように設定できるものであり、それぞれのグレーティング部 7 の反射波長帯域幅 (グレーティング部 7 による補償帯域幅) は、グレーティング部 7 の両端での反射波長の差から求まる。

【0062】

つまり、グレーティング部 7 の反射波長帯域幅を前記式 (2) に基づいて決定すると、グレーティング部 7 の長さを l として、グレーティング部 7 の反射波長帯域幅 BW は、次式 (6) で示される。

【0063】

$$BW = 2 n_{eff} \cdot \alpha \cdot l \dots (6)$$

【0064】

本実施形態例は、上記式 (5)、(6) に基づき、それぞれのグレーティング部 7 が、アレ導波路回折格子 20 の対応する光出力導波路 6 の出力波長光を含む設定反射波長帯域の光を反射する機能を有し、かつ、対応する光出力導波路 6 の出力波長光に、適宜の設定分散量を与えられるように、グレーティング部 7 のグレーティング周期のチャープ率 α とグレーティング部 7 の長さ l を決定している。

【0065】

また、前記の如く、第 1 の熱分布付与手段 8a は、グレーティング部 7 に、その一端側 12 から他端側 13 に向かうにつれて温度が高くなる熱分布を与えるので、第 1 の熱分布付与手段 8a によりグレーティング部 7 に熱分布を与えると (第 1 のヒーター 9a に通電す

30

40

50

ると)、正の波長分散が生じる。

【0066】

一方、第2の熱分布付与手段8bは、グレーティング部7に、その一端側12から他端側13に向かうにつれて温度が低くなる熱分布を与えるので、第2の熱分布付与手段8bによりグレーティング部7に熱分布を与えると(第2のヒーター9bに通電すると)、負の波長分散が生じる。

【0067】

そこで、上記適用例の伝送用光ファイバ40の分散補償を行うときは、第1の熱分布付与手段8aによりグレーティング部7に熱分布を与えて正の波長分散を生じさせることにした。

10

【0068】

本実施形態例は以上のように構成されており、例えば伝送用光ファイバ40から本実施形態例の分散スロープ補償器に波長多重光が入力されると、この波長多重光は、サーキュレータ11の第1ポート21からサーキュレータ11に入射し、サーキュレータ11の第2ポート22からアレイ導波路型回折格子20に入射する。

【0069】

そして、この波長多重光はアレイ導波路回折格子20の1本の光入力導波路2に入射し、アレイ導波路回折格子20によって分波され、アレイ導波路回折格子20の各光出力導波路6から出射する。各光出力導波路6から出射したそれぞれの波長光は、グレーティング用光導波路31に入射し、伝搬していく。

20

【0070】

そうすると、各光出力導波路6の出力波長光が対応するグレーティング部7によって反射するが、グレーティング部7の反射光波長の分散量が分散量可変手段19によって可変され、それぞれの反射光波長に設定分散量が付与され(群遅延時間差が与えられて)、各光出力導波路6の出力波長光の波長分散量が補償された状態となる。そして、この分散補償された各波長の光がアレイ導波路回折格子20を前記と逆の経路をたどって伝搬し、合波される。

【0071】

つまり、本実施形態例の分散スロープ補償器において、各グレーティング部7の反射波長光に与えられる群遅延時間は図2の○に示す特性となり、各光出力導波路6からの出力波長とほぼ一致する、ITUグリッド波長 ± 0.2 nmの範囲において、設定分散(設定群遅延時間差)が与えられる。

30

【0072】

図2の○に示す特性は図2の特性線a上にあり、この特性線aは、図2の特性線bに示した伝送用光ファイバ40の群遅延特性を補償するために必要な群遅延特性である。したがって、本実施形態例は、各グレーティング部7の反射波長光に与える群遅延時間によって、伝送用光ファイバ40の群遅延特性をほぼ0に補償でき、波長分散の補償が行われる。

【0073】

なお、本実施形態例において、例えば、図1の(a)に示したサーキュレータ11の第3ポート23には例えば光分波器を通してレシーバー(図示せず)が接続され、上記のようにして分散補償されて、アレイ導波路回折格子20により合波された合波光は、サーキュレータ11の第2ポート22からサーキュレータ11に入射し、サーキュレータ11の第3ポート23から光分波器を通してレシーバーに受信される。

40

【0074】

本実施形態例によれば、上記のように、アレイ導波路回折格子20の各光出力導波路6にグレーティング部7を接続し、グレーティング部の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段19を設けた非常に簡単な構成で、ITUグリッド波長 ± 0.2 nmの範囲にある複数(ここでは20)の波長光の波長分散を同時にほぼ0に補償することができ、分散スロープを補償できる。

【0075】

50

また、本実施形態例の構成は、分散補償する波長数に対応させてアレイ導波路回折格子20により合分波する波長数を決定し、グレーティング部7と分散量可変手段19の数を設定すればよい。ため、分散補償する波長数が多くても、装置構成が複雑になることはなく、大幅な部品点数増加や大幅なコストアップを招くことはない。

【0076】

また、本実施形態例では、例えば分散スロープ補償器からの出力光強度を確保するために、分散スロープ補償器に光増幅器を設ける場合にも、光増幅器をサーキュレータ11のアレイ導波路回折格子20からの戻り光の出力側に設ければよく、部品点数の増大を抑制できる。

【0077】

なお、前記の如く、本実施形態例は、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bを有し、これらの熱分布付与手段8a、8bのいずれかまたは両方を動作させることによってグレーティング部7に与える分散の符号を適宜設定できる。

【0078】

したがって、本実施形態例の分散スロープ補償器は、上記適用例に限らず、分散スロープ補償器に接続される伝送用光ファイバ40の波長分散に対応させて、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bの一方または両方を動作させ、ヒーター9a、9bへの通電量を可変することにより、様々な伝送用光ファイバ40の波長分散を補償することができる。

【0079】

図3の(a)には、本発明に係る光モジュールを用いた分散スロープ補償器の第2実施形態例の概略図が模式的に示されている。第2実施形態例は、上記第1実施形態例とほぼ同様に構成されており、第2実施形態例が上記第1実施形態例と異なる特徴的なことは、アレイ導波路回折格子20の光出力導波路6に、導波路型のグレーティング部7を形成したことである。

【0080】

第2実施形態例は以上のように構成されており、第2実施形態例も上記第1実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0081】

また、第2実施形態例は、アレイ導波路回折格子20の光出力導波路6にグレーティング部7を形成しているため、分散スロープ補償器の装置構成をより一層簡略化できるし、光通過損失も例えば第1実施形態例に対して0.5dB程度小さくできる。

【0082】

図4の(a)には、本発明に係る光モジュールを用いた分散スロープ補償器の第3実施形態例の概略図が模式的に示されている。

【0083】

第3実施形態例は、アレイ導波路回折格子20の出力側に複数の出力用光ファイバ16を接続して光モジュール50が形成されており、それぞれの出力用光ファイバ16にグレーティング部7が形成されてアレイ導波路回折格子20の対応する光出力導波路6に接続されている。なお、出力用光ファイバ16は、ファイバアレイ26によりアレイ導波路回折格子20に接続固定された光ファイバテープ心線27を介して、アレイ導波路回折格子20に接続されている。

【0084】

第3実施形態例でも、例えば波長1.55μm帯内の設定波長(約1562nm)に零分散波長を持つ分散シフト光ファイバにより伝送用光ファイバ40を形成した場合について、この伝送用光ファイバ40の波長分散を補償できるように、それぞれのグレーティング部7には長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部7の反射光波長の分散量を可変する分散量可変手段19を取り付けた。なお、分散量可変手段19は市販の部品でもよい。

【0085】

10

20

30

40

50

また、第3実施形態例において、光モジュール50のアレイ導波路回折格子20の入力側にはサーキュレータ11を接続した。

【0086】

第3実施形態例は以上のように構成されており、第3実施形態例も上記第1、第2実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0087】

なお、本発明は上記各実施形態例に限定されることはなく、様々な実施の態様を採り得る。例えば、上記各実施形態例では、分散量可変手段19は、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bを有する構成としたが、例えば分散スロープ補償器を接続する接続相手側の波長分散に対応させて、分散量可変手段19は、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bのいずれか一方側のみを設けて形成してもよい。

【0088】

また、上記各実施形態例では、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bは、それぞれグレーティング部7に沿って、その両側にそれぞれ形成したヒーター9a、9bを有していたが、第1の熱分布付与手段8aや第2の熱分布付与手段8bの構成は特に限定されるものではなく適宜設定されるものである。

【0089】

例えば、上記各実施形態例に比べると精度が非常に高いヒーター作製技術が必要となるが、グレーティング部7のグレーティングピッチ間にヒーターを形成し、このヒーターの抵抗値を適宜設定することにより、第1の熱分布付与手段8aと第2の熱分布付与手段8bを形成してもよい。

【0090】

さらに、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器に適用されるアレイ導波路回折格子20の詳細な構成は、必ずしも上記各実施形態例に適用したアレイ導波路回折格子20の構成とするとは限らず、従来の構成または提案されている様々なアレイ導波路回折格子を適宜適用することができ、その合分波波長数も適宜設定されるものである。

【0091】

さらに、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器において、アレイ導波路回折格子20の光出力導波路6とグレーティング部7との接続形態およびアレイ導波路回折格子20の光出力導波路6に形成するグレーティング部7の形成形態は特に限定されるものではなく適宜設定されるものである。

【0092】

ただし、上記第2実施形態例のように光出力導波路6にグレーティング部7を形成すると、上記第3実施形態例のように出力用光ファイバ16にグレーティング部7を形成して、出力用光ファイバ16をアレイ導波路回折格子20に接続する場合に比べ、光透過損失を1dB程度低減できるので、好ましい。

【0093】

【発明の効果】

本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器によれば、アレイ導波路回折格子の少なくとも1つの光出力導波路に、対応する光出力導波路の出力波長光を反射するグレーティング部を接続または形成し、グレーティング部には分散量可変手段により長手方向に変化する熱分布を与えて対応するグレーティング部の反射光波長の分散量を可変することにより、複数波長光の分散量を複数波長光ごとに別々に一度に補償できる。

【0094】

つまり、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器は、分散補償する波長数が多い場合でも、その波長数に対応させてアレイ導波路回折格子とグレーティング部を形成し、グレーティング部に長手方向に変化する熱分布を与えるだけで、簡単な構成で容易に複数波長光の分散量を一度に低減でき、コストアップを抑制できる。

【0095】

さらに、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器において、分散量可変手段が第

1の熱分布付与手段と第2の熱分布付与手段の少なくとも一方を有する構成によれば、これらの熱分布付与手段によって、グレーティング部に適宜の熱分布を与えて上記効果を発揮することができる。

【0096】

さらに、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器において、分散量可変手段を形成する第1の熱分布付与手段が第1のヒーターを有して形成され、第2の熱分布付与手段が第2のヒーターを有して形成されている構成によれば、熱分布付与手段を容易に形成することができる。

【0097】

さらに、本発明の光モジュールおよび分散スロープ補償器において、分散量可変手段が第1のヒーターを有する第1の熱分布付与手段と第2のヒーターを有する第2の熱分布付与手段を有する構成によれば、グレーティング部の反射光波長の波長分散を正にも負にもできるので、必要に応じてより一層的確に接続相手側の波長分散補償を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る分散スロープ補償器の第1実施形態例の要部構成図(a)と、この第1実施形態例のグレーティング部周辺構成を示す模式図(b)である。

【図2】上記実施形態例の分散スロープ補償器の群遅延特性例と接続相手側の伝送用光ファイバの群遅延特性例を示すグラフである。

【図3】本発明に係る分散スロープ補償器の第2実施形態例の要部構成図(a)と、この第1実施形態例のグレーティング部周辺構成を示す模式図(b)である。

【図4】本発明に係る分散スロープ補償器の第3実施形態例の要部構成図である。

【図5】分散スロープ補償器の提案例を示す説明図である。

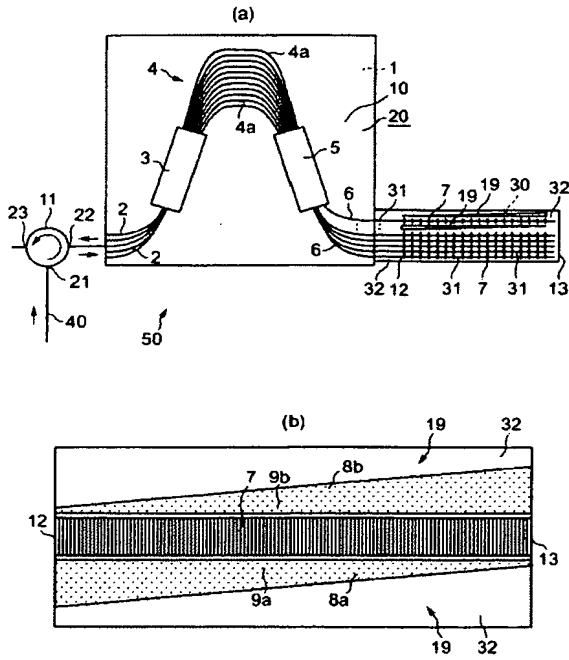
【図6】サーキュレータの動作例を示す説明図である。

【図7】分散スロープ補償器の別の提案例を示す説明図である。

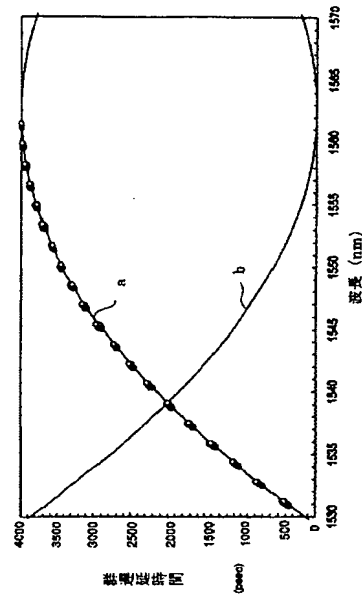
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光入力導波路
- 3 第1のスラブ導波路
- 4 アレイ導波路
- 4 a チャンネル導波路
- 5 第2のスラブ導波路
- 6 光出力導波路
- 7 グレーティング部
- 8 a 第1の熱分布付与手段
- 8 b 第2の熱分布付与手段
- 9 a 第1のヒーター
- 9 b 第2のヒーター
- 19 分散量可変手段

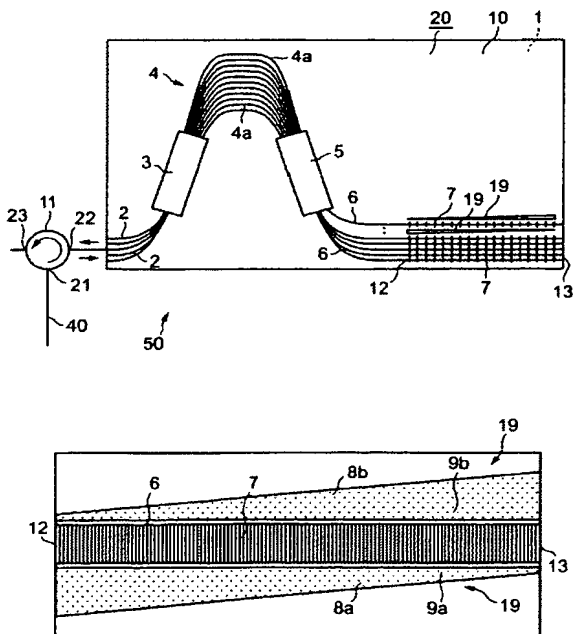
【図 1】



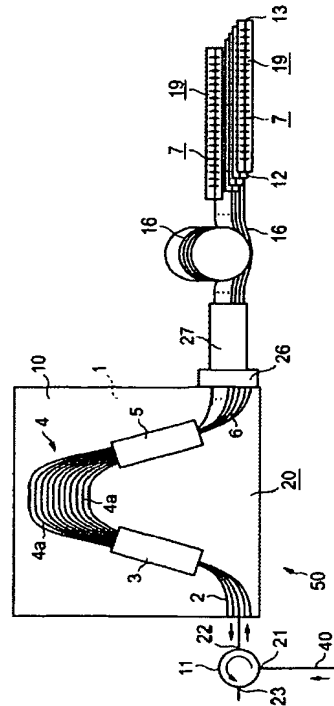
【図 2】



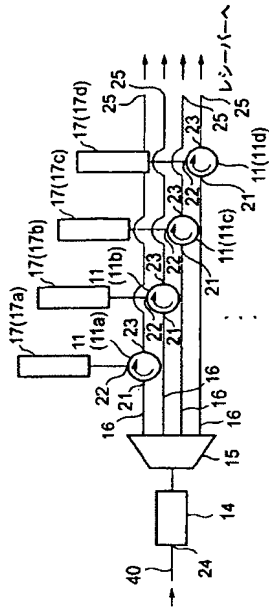
【図 3】



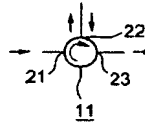
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

